

明 細 書

角速度センサ及びその製造方法

技術分野

- [0001] 本発明は、X軸方向への音叉振動時に検出電極に生じ、角速度センサとしては不要な信号を抑制することができる角速度センサ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

- [0002] 角速度センサ用の音叉型振動子をドライエッチングによって製造する方法は、たとえば図7に示すものが知られている。図7には、ドライエッチング用のプラズマ発生源100、プラズマ発生源100から照射されるプラズマの進行方向101、ドライエッチング用マスクとしてのレジスト膜102、ウエハ103をそれぞれ示す。
- [0003] レジスト膜102には、ウエハ103内に複数の音叉型振動子を形成するための開口部を設ける。レジスト膜102をウエハ103の一主面上に塗布し、プラズマ発生源100から照射するプラズマによってドライエッチングを行って、音叉型振動子を製造する。なお、図7に示した、プラズマの進行方向101の角度はウエハ103全体に対して一様ではない。すなわち、ウエハ103のプラズマ発生源100の直下およびその近傍の一主面上にはウエハ103の法線(垂直)方向にプラズマが照射される。一方、プラズマ発生源100から遠く離れるにつれてウエハ103に照射される照射角度が小さくなっていく。
- [0004] 図8Aから図8Gには角速度センサ用の音叉型振動子の製造方法を示す。特に図7の円内部Pに相当する領域を拡大して示す。図8Aには、シリコン基板からなるウエハ103の一主面上にレジスト膜102a、102bおよび102cを形成した状態を示す。レジスト膜102aと102bの間およびレジスト膜102bとレジスト膜102cの間には各別に開口部104a、104bが形成されている。開口部104a、104bはレジスト膜102a、102bおよび102cをマスクとして、図7に示したプラズマ発生源100からプラズマがウエハ103の一主面に向かって進行方向101に照射されることによって形成される。プラズマの照射方向101は、ウエハ103の法線に対して傾斜している。すなわち、プラズマの

- 照射方向1 01はウエハ1 03の一主面とは直交(90度)する方向ではない。このため、開口部1 04a, 1 04bの一方側の側面1 06, 1 09にもプラズマが照射されてサイドエッチングされ、それらの側面は垂直面ではなく、傾斜面を呈することになる。
- [0005] 開口部1 04aは側面1 06, 1 08および底部1 07を有する。同様に開口部1 04bは側面1 09, 111および底部110を有する。
- [0006] 図8Bには、図8Aで形成した開口部1 04aおよび1 04bに保護膜1 05を形成した状態を示す。保護膜1 05はサイドエッチングの影響をできる限り軽減するために形成する。
- [0007] 一方、図8C, 図8Eに示すように、それらの側面に対向する他方の側面1 08, 111はレジスト膜1 02bとレジスト膜1 02cの影となるため、プラズマ照射の影響をほとんど受けない。すなわち、これらの側面では、サイドエッチングの影響を受けないので、ウエハ1 03の一主面の法線方向とほぼ平行の関係が維持されている。
- [0008] 図8Cから図8Fには、それぞれ図8A, 図8Bに示した製造工程を繰り返したものを示している。すなわち、図8C, 図8Fは図8Aとは開口部の深さが異なるが、その形状がほぼ同じ状態のものを示している。同様に図8D, 図8Fは図8Bとは開口部の深さが異なるが、その形状がほぼ同じものを示している。図8Dに示した保護膜112は図8Bに示した保護膜1 05と同じ目的で形成している。すなわち、図8Cに示した側面1 06, 1 08, 1 09および111のサイドエッチングをできる限り軽減するために形成している。
- [0009] 図8Gは、図8Fに示す保護膜113が覆われている状態からプラズマによって最終のドライエッチングが行われ、音叉型振動子のアーム120, 121および122がウエハ1 03から分離された状態を示す。図8Fに示した保護膜113も保護膜1 05および112と同じ目的で形成されている。
- [0010] 図8Gにおいて、図8Aに示した各アームの側面に相当する面1 06, 1 09と同様に側面114, 116はプラズマによるサイドエッチングの影響によりプラズマの進行方向1 01に対応して傾斜する。同じく、側面115, 117はプラズマによるサイドエッチングによる影響は小さいので、ウエハ1 03のほぼ法線方向と平行におかれる。
- [0011] 図8A, 図8Bおよび図10は、図7および図8に示した角速度センサ用の音叉型振

動子の製造方法によって作成された音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの音叉型振動子の変位状態を説明するための図である。図gAは音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの平面図、図gBは同側面図、図10は同C-C断面図である。

- [0012] 図gA, 図gBにおいて、アーム120, 121は基部130によって連結されている。アーム120および121には、各別に一主面135, 136が形成されている。アーム120の一主面135上には駆動部140, 141を形成する。アーム121の一主面136上には駆動部142, 143を形成する。また、アーム120の一主面135上には検出部150を形成する。同様に、アーム121の一主面136上には検出部151を形成する。
- [0013] 図10を正視してその左側にはアーム120を、その右側にはアーム121をそれぞれ示す。また、アーム120の外側120asの一主面135には下部電極140a, その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜140bおよび上部電極140cをこの順序で形成する。
- [0014] 同様に、アーム120の内側120auの一主面135上には下部電極141a, その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜141bおよび上部電極141cをこの順序で形成する。
- [0015] 同様に、アーム120のほぼ中心部160の一主面135上には下部電極150a, その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜150bおよび上部電極150cをこの順序で形成する。なお、これらの電極150a, 150cおよび圧電膜150bは中心部160を境にして左右ほぼ対称に形成する。
- [0016] 図9に示した駆動部140は図10に示した下部電極140a, 圧電膜140bおよび上部電極140cによって構成されている。また、駆動部141は下部電極141a, 圧電膜141bおよび上部電極141cによって構成されている。また、検出部150は下部電極150a, 圧電膜150bおよび上部電極150cによって構成されている。
- [0017] 一方、図10を正視して右側に示したアーム121に着目すると、前述のアーム120とほぼ同様の構成を示している。すなわち、アーム121の外側121asの一主面136上には下部電極143a, その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜143bおよび上部電極143cをこの順序で形成する。
- [0018] 同様に、アーム121の内側121auの一主面136上には下部電極142a, その膜面

に垂直方向に分極処理された圧電膜142bおよび上部電極142cをこの順序で形成する。

[0019] 同様に、アーム121のほぼ中心部161の一主面136には下部電極151a,その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜151bおよび上部電極151cをこの順序で形成する。なお、これらの電極151a, 151cおよび圧電膜151bは中心部161を境にして左右ほぼ対称に形成する。

[0020] 図9に示した駆動部142は図10に示した下部電極142a,圧電膜142bおよび上部電極142cによって構成されている。同様に、駆動部143は下部電極143a,圧電膜143bおよび上部電極143cによって構成されている。また、検出部151は下部電極151a,圧電膜151bおよび上部電極151cによって構成されている。

[0021] 次に、音叉型振動子をX軸方向に駆動させる方法について述べる。

[0022] 図10において、上部電極140cおよび143cに同相の駆動電圧を印加する。これによって、それぞれの上部電極上に形成した圧電膜140b, 143bがY軸方向に収縮する。同様に、圧電膜141b, 142bがY軸方向に伸張するように、上部電極141c, 142cに上部電極140c, 143cに印加する駆動電圧とは逆相の駆動電圧を上部電極141c, 142cに印加する。これにより、図8Aに示すようにアーム120, 121はX軸方向に、かつ、互いに外向きに振動する。

[0023] また、アーム120, 121には、それぞれドライエッチングが施されることによって、図7、図8および図10に示すようなプラズマの進行方向101に対応するような傾斜した側面114, 116が形成されている。このため、X軸方向への振動と同時にアーム120, 121をそれぞれZ軸方向に、かつ、互いに逆向きになるような振動が発生する。

[0024] この結果、検出部を構成する圧電膜150bにはZ軸方向に伸張させるような応力が印加される。また、検出部を構成する圧電膜151bにはZ軸方向に収縮させるような応力が印加される。これらの応力に基づき、検出部を構成する上部電極150c, 151cにはそれぞれ互いに逆極性の電荷が発生する。このように、音叉型振動子をX軸方向に駆動させるだけで、Y軸周りには角速度が印加されていないにもかかわらず、あたかも角速度が印加されたかのような電荷(不要信号)が検出潮の上部電極150c, 151cに表れる。

- [0025] また、上述したような角速度センサ用の音叉型振動子の製造方法においては、ウエハ103内に形成された音叉型振動子のアームの断面形状がウエハ103の中心部から周辺部に向かうほど次第に矩形状から台形状に変化していく。そればかりか、ウエハ103内での音叉型振動子の形成される位置毎にも異なってくる。これにより、ウエハ103の中心部から離れて形成された音叉型振動子においては、この振動子をX軸方向へ音叉振動させるときにどうしても音叉振動方向以外（Z軸方向）への不要振動成分が発生してしまう。
- [0026] 図11は、ウエハ103内の各位置に形成された音叉型振動子をX軸方向へ音叉振動させたときの検出電極に発生する角速度センサとしての不要信号の発生量を示す。横軸はウエハ103の中心部からX軸方向への距離、すなわち、X軸方向位置を示す。縦軸は検出電極に生じる不要信号の大きさを任意の単位で示す。
- [0027] このような不要振動成分の発生を抑制するためには、例えば、特開平10-132573号公報に紹介されているような調整方法を採用することができる。この調整方法は、ウエハ103内に形成された音叉型振動子毎にそれぞれ個別に開口部を有したマスク（図示せず）を音叉型振動子に一体に貼り付ける。この状態で、音叉振動方向以外への不要振動成分が発生しなくなるまで計測しながら音叉型振動子のアームの質量を減じたり、または質量を付加したりするれづ方法である。
- [0028] しかしながら上述した従来の角速度センサおよびその製造方法においては、音叉型振動子をウエハ103内に形成する位置毎にアームの断面形状がそれぞれ異なる。このため、音叉型振動子毎にその形状を一つひとつ調整するための開口部を有したマスクを一体に貼り付けなければならない。したがって、最終的に完成した角速度センサの厚みが、どうしても厚くなってしまう。また、上述したように異なったアームの断面形状を有した角速度センサ毎に、一つひとつ調整し完成させなければならないれづ不都合も存在する。
- [0029] 本発明は、X軸方向への音叉振動時に、検出電極に生じる、角速度センサとしては不要な信号の発生を抑制することができ、かつ、薄型で、個別調整が排除できる角速度センサおよびその製造方法を提供することを目的とする。

発明の開示

- [0030] 本発明の角速度センサは、少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子を備える。アームをX軸方向に駆動するためにアームの少なくとも1つの一主面上に駆動部を形成する。また、Y軸の周りに印加された角速度 ω に基づくアームのZ軸方向への振動を検出するためにアームの少なくとも一主面上に設けられた検出部を備える。この検出部はアームの一主面上に下部電極が形成され、この下部電極上に圧電膜と上部電極をこの順序で形成する。また、アームの一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜側面との交わる角度が鋭角に形成されているので、検出潮の少なくとも上部電極の中心部が一アームの一主面上において一主面の中心部から傾斜した側面と反対側に向かってシフトした角速度センサとして構成される。これにより、薄型で、かつ、振動子の個別調整が不要な角速度センサでありながら、X軸方向への音叉振動時に検出電極に生じる角速度センサとして、不要な信号の発生を抑制することができる。
- [0031] 本発明の別の角速度センサは、検出部が設けられたアームの一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鋭角に形成している。このため、検出潮の少なくとも上部電極の中心部を傾斜した側面の傾斜角度に対応して傾斜した側面と反対側の側面、すなわち垂直な側面側に向かって所定量シフトさせることができる。これにより、検出電極への角速度センサとしての不要信号の発生をよりの確に抑制することができる。
- [0032] また、本発明の別の角速度センサは、少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子を備える。また、アームをX軸方向に駆動するためにアームの少なくとも1つの一主面上に設けられた駆動部を備える。また、Y軸周りに印加された角速度に基づくアームのZ軸方向への振動を検出するためにアームの一主面上に設けられた検出部を備えている。この検出部はアームの一主面上に設けられた下部電極とこの下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上に設けられた上部電極によって構成されている。検出部が形成されたアームの一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鈍角としている。このため、検出潮の少なくとも上部電極の中心部を傾斜した側面側に向かってシフトした角速度センサとすることができる。これにより、薄型で、かつ、個別調整が排除で

きる角速度センサであり、かつ、X軸方向への音叉振動時に生じる検出電極への角速度センサとして不要な信号の発生を抑制することができる。

[0033] また、本発明の別の角速度センサは、検出部が設けられたアームの一主面上とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鈍角としている。検出部の少なくとも上部電極の中心部は傾斜した側面の傾斜角度に対応してアームの一主面の中心部から傾斜した側面側に向かって所定量シフトさせている。これにより、検出電極への角速度センサとしての不要信号の発生をよりの確に抑制することができる。

[0034] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部は、アームの一主面の中心部を境にして、その両側に形成した下部電極とこの下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上にアームの一主面の中心部を境にして離間形成された上部電極とからなる。こうした構成によって、検出部を構成する材料に合わせることができ、安価であるばかりか、特性管理も容易におこなうことができる。

[0035] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部はアームの一主面の中心部を境にして離間形成された下部電極とこの下部電極上にそれぞれ設けられた圧電膜とこの圧電膜上にそれぞれ設けられた上部電極とからなる。こうした構成によれば、検出部を構成する材料に合わせることができ、安価であるばかりか、特性管理も容易となると同時に、X軸方向への音叉駆動の信頼性もより高まる。

[0036] また、本発明の別の角速度センサにおいては、音叉型振動子は、トライエッチングにより形成されており、形状制御を高い精度でおこなうことができる。

[0037] また、本発明の別の角速度センサにおいては、音叉型振動子は、シリコン系の材料からなり、機械的強度も大きく、大きな振幅で音叉型振動子を共振させることができる。

[0038] また、本発明の別の角速度センサにおいては、少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子を備える。また、アームをX軸方向に駆動するためにアームの少なくとも1つの一主面上に設けられた駆動部を備える。また、Y軸周りに印加された角速度に起因するアームのZ軸方向への振動を検出するためにアームの少なくとも1つの一主面上に設けられた検出部を備える。また

、駆動部は一主面上に設けられた下部電極とこの下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上に設けられた上部電極とからなる。駆動部が設けられた一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鋭角に設定しているので、アームをX軸方向に駆動したときに駆動部の一主面の中心部より傾斜した側面側に向かって設けられた部分のY軸方向の変形量が駆動部の一主面の中心部より傾斜した側面と反対側に向かって設けられた部分のY軸方向の変形量よりも小さくすることができ角速度センサである。これにより、薄型で、かつ、個別調整が不要な角速度センサを実現し、X軸方向への音叉振動時にかかる検出電極に引き起こされる不要振動自体を抑制する。これにより、不要信号の発生を抑制することができる。

[0039] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部は、アームの一主面の中心部を境にしてその両側に形成された下部電極とこの下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上にアームの一主面の中心部を境にして離間して形成された上部電極を備えている。これにより、安価で、かつ、角速度センサの特性管理も容易となる。

[0040] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部は、アームの一主面の中心部を境にして離間形成された下部電極とこの下部電極上にそれぞれ設けられた圧電膜とこの圧電膜上にそれぞれ設けられた上部電極を備えている。この構成によって、安価で、かつ角速度センサの特性管理も容易となる。合わせて、X軸方向への音叉駆動の信頼性を、より向上させることができる。

[0041] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部が設けられたアームの一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鋭角にしている。これにより、アームの一主面の中心部より傾斜した側面側に設けられた上部電極のX軸方向の幅がアームの一主面の中心部より前記傾斜した側面と反対側寄りに設けられた上部電極のX軸方向の幅より狭くすることができる。合わせて、両方の上部電極のY軸方向の中心位置及び長さをほぼ等しくすることができるので、角速度センサの設計を容易にかつ迅速ならしめる。

[0042] また、本発明の別の角速度センサにおいては、少なくとも2つのアームとこのアームと連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子を備える。また、アームをX軸方向に駆動するためにアームの少なくとも1つの一主面上に設けられた駆動部を備

える。また、Y軸周りに印加された角速度に基づくアームのZ軸方向への振動を検出するためにアームの少なくとも1つの一主面上に設けられた検出部を備えている。この駆動部はアームの一主面上に設けられた下部電極とこの下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上に設けられた上部電極とからなる。また、駆動部が設けられたアームの位置一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鈍角にしている。このため、アームをX軸方向に駆動したときに駆動部の一主面の中心部より傾斜した側面側に向かって設けられた部分のY軸方向の変形量が駆動部のなかのアームの一主面の中心部より傾斜した側面と反対側に向かって設けられた部分のY軸方向の変形量より大きくなるように構成された角速度センサを実現することができる。これにより、薄型で、かつ、個別調整が不要な角速度センサを実現することができる。合わせてX軸方向への音叉振動時にかかる検出電極へ引き起こされる不要振動自体を抑制するとともに、角速度センサとしての不要信号の発生を抑制することができる。

[0043] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部は、アームの一主面の中心部を境にしてその両側に形成された下部電極を備える。また、この下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上に一主面の中心部を境にして離間形成された上部電極を備えている。これにより、安価で、かつ、角速度センサの特性管理も容易になる。

[0044] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部は、アームの一主面の中心部を境にして離間形成された下部電極を備える。また、この下部電極上にそれぞれ形成された圧電膜とこの圧電膜上にそれぞれ形成された上部電極をそれぞれ備えている。こうした構成によって、安価であるばかりか、角速度センサの特性管理も容易となる。合わせて、X軸方向への音叉駆動の信頼性もより、向上させることができる。

[0045] また、本発明の別の角速度センサにおいては、駆動部が設けられたアームの一主面とこの一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鈍角としていめ。また、アームの一主面の中心部より傾斜した側面側寄りに設けられた上部電極のX軸方向の幅が一主面の中心部より傾斜した側面と反対側寄りに設けられた上部電極のX軸方向の幅より広くしている。合わせて、両方の上部電極のY軸方向の中心位置

及び長さほぼ等しいため、設計が容易になる。

- [0046] また、本発明の別の角速度センサにおいては、音叉型振動子は、ドライエッチングにより形成する。これにより角速度センサの形状精度の安定性を高めることができる。
- [0047] また、本発明のさらに別の角速度センサにおいては、音叉型振動子は、シリコン系の材料からなり、機械的強度も大きく、大きな振幅で音叉型振動子を共振させることができる。
- [0048] また、本発明のさらに加えて別の角速度センサにおいては、検出部は、アームの一主面上に設けられた下部電極とこの下部電極上に設けられた圧電膜とこの圧電膜上に設けられた上部電極とから構成されている。駆動部を構成する材料に合わせることができ、安価であるばかりか、特性管理も容易となる。
- [0049] また、本発明の角速度センサの製造方法は、少なくとも2つのアームとこのアームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子と、アームをX軸方向に駆動するためにアームの一主面上に設けられた駆動部と、Y軸周りに印加された角速度に起因するアームのZ軸方向への振動を検出するために一主面上に設けられた検出部とを備えた角速度センサの製造方法である。基板のXY面上に下部電極を形成する工程と、この下部電極上に圧電膜を形成する工程を備える。また、この圧電膜上に上部電極を形成する工程と、下部電極、圧電膜と上部電極からそれぞれ駆動部と検出部を形成する工程を備える。また、アームのY軸方向が基板のY軸方向を向くように音叉型振動子を前記基板からドライエッチングにより形成する工程を備えている。基板のYZ面に対するドライエッチング用のプラズマの入射角度が大きくなるに従ってアームの一主面上に設けられる検出部の少なくとも上部電極の中心部が一主面上において一主面の中心部から基板のX軸方向周辺部に向かって所定量シフトするように構成する。こうした製造方法によれば、基板内に形成される音叉型振動子の位置によって異なる断面形状を有したアームをX軸方向に音叉振動させたときに検出電極に発生する角速度センサとしての異なった不要信号を検出部の形成時にそれぞれ一括して解消させることができる。

図面の簡単な説明

- [0050] [図1A] 図1Aは本発明の実施の形態1にかかる角速度センサの音叉型振動子をX軸

方向に駆動したときの変形状態を示す平面図である。

[図1B] 図1Bは同側面図である。

[図2] 図2は同A-A断面図である。

[図3] 図3は実施の形態1にかかるウエハ内に形成される音叉型振動子の配置図である。

[図4] 図4は図3に示すB-B断面にかかる製造プロセスを説明するための工程図である。

[図5A] 図5Aは本発明にかかり、角速度センサの下部電極の成膜工程を示す製造工程図である。

[図5B] 図5Bは同角速度センサの圧電膜の成膜工程を示す製造工程図である。

[図5c] 図5Cは同角速度センサの上部電極の成膜工程を示す製造工程図である。

[図5D] 図5Dは同角速度センサの上部電極用レジスト膜のパターニング工程を示す製造工程図である。

[図5E] 図5Eは同角速度センサの上部電極のエッチング工程を示す製造工程図である。

[図5F] 図5Fは同角速度センサの圧電膜、下部電極用レジスト膜のパターニング工程を示す製造工程図である。

[図5G] 図5Gは同角速度センサの圧電膜、下部電極のエッチング工程を示す製造工程図である。

[図5H] 図5Hは同角速度センサのウエハ用レジスト膜のパターニング工程を示す製造工程図である。

[図5I] 図5Iは同角速度センサのウエハのエッチング工程を示す製造工程図である。

[図6] 図6は本発明にかかり、ウエハ内に形成された音叉型振動子のX軸方向の位置と角速度センサの不要信号との関係を説明するための特性図である。

[図7] 図7は従来の角速度センサ用の音叉型振動子の製造方法の概略図である。

[図8A] 図8Aは従来の角速度センサの製造工程図であって、シリコン基板に開口部を設ける工程図であり、図7に示した円内部Pの拡大図である。

[図8B] 図8Bは同従来の角速度センサの製造工程図であって、図8Aの工程後に行

なう保護膜形成の工程図である。

[図8C]図8Cは同従来の角速度センサの製造工程図であって、図8Bの工程後に行なう開口部をエッチングする工程図である。

[図8D]図8Dは同従来の角速度センサの製造工程図であって、図8Cの工程後に行なう保護膜形成の工程図である。

[図8E]図8Eは同従来の角速度センサの製造工程図であって、図8Dの工程後に行なう開口部をエッチングする工程図である。

[図8F]図8Fは同従来の角速度センサの製造工程図であって、図8Eの工程後に行なう保護膜形成の工程図である。

[図8G]図8Gは同従来の角速度センサの製造工程図であって、音叉型振動子のアームがウエハから分離された状態を示す工程図である。

[図8A]図8Aは本発明にかかる製造方法で形成した角速度センサの音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの変形状態を示す平面図である。

[図8B]図8Bは同側面図である。

[図10]図10は図8Aに示したC—C断面図である。

[図11]図11はウエハ内に形成された音叉型振動子のX軸方向の位置と角速度センサの不要信号との関係を説明するための特性図である。

符号の説明

- [0051] 1a, 1b アーム
2 基部
3a, 3b 一主面
3c, 3d, 3e, 3f 側面
4, 5, 6, 7 駆動部
4a, 5a, 6a, 7a, 8a, ga 下部電極
4b, 5b, 6b, 7b, 8b, gb 圧電膜
4c, 5c, 6c, 7c, 8c, gc 上部電極
8, 9 検出部
8d, gd, 10, 皿 中心部

20 ウエハ

21 Pt-Ti膜

22 PZT膜

23 Au/Ti膜

24, 25, 26 レジスト膜

発明を実施するための最良の形態

[0052] 以下に本発明の一実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

[0053] 図1Aは本発明の実施の形態にかかる角速度センサの音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの平面図、図1Bは同側面図、図2は図1Aに示したA-A線の断面を示す図、図3は実施の形態1にかかるウエハ内に形成された音叉型振動子の配置図である。図4は図3に示したB-B断面にかかる製造プロセスを説明するための工程図である。図5は本発明にかかる角速度センサの製造プロセスを説明するための工程図である。図6は同製造プロセスを用いてウエハ内に形成された音叉型振動子のX軸方向の位置と音叉型振動子の検出電極に発生する不要信号との関係を説明するための特性図である。

[0054] 以下に、本実施の形態にかかる角速度センサの構成について説明する。

[0055] 図1Aにおいて、音叉型振動子1は、アーム1a, 1bおよび基部2によって構成されている。アーム1a, 1bは基部2によって連結されている。アーム1aおよび1bには各別に一主面3a, 3bが備えられている。アーム1aの一主面3a上には検出部8を挟んで駆動部4, 5が形成されている。また、アーム1aの隣のアーム1bの一主面3b上には検出部9を挟んで駆動部6, 7が形成されている。

[0056] 図1Bは図1Aの側面図であり、アーム1a, 1bおよび駆動部5, 7をそれぞれ示すことができる。

[0057] 図2は図1AのA-A断面図を示す。図2を正視して、その左側にはアーム1a、その右側にはアーム1bのそれぞれの断面図を示す。

[0058] アーム1aにはその一主面3aとほぼ垂直な側面3cおよび一主面3aに対して傾斜した側面3dが形成されている。側面3c, 3dの形成方法については後述の図5およびその説明によって明らかになる。

- [0059] さて、再度アーム1aの説明に戻ると、アーム1aの外側1asの一主面3a上には下部電極4aを形成する。さらに下部電極4a上には、その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜4bおよび上部電極4cをこの順序で形成する。図1Aに示した駆動部4は図2に示した下部電極4a、圧電膜4bおよび上部電極4cによって構成されている。また、アーム1aの内側1auの一主面3a上には下部電極5aを形成する。さらに下部電極5a上には、その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜5bおよび上部電極5cをこの順序で形成する。図1Aに示した駆動部5は図2に示した下部電極5a、圧電膜5bおよび上部電極5cによって構成されている。
- [0060] 図2において、アーム1aの中心部10の一主面3a上には下部電極8aを中心部10を境にして対称に形成する。さらに下部電極8a上には、その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜8bおよび上部電極8cをこの順序で形成する。なお、上部電極8cは中心部10を境にして対称に形成するのではなく中心部10からAWの距離だけシフトさせた中心部8dを対称にして形成する。すなわち、上部電極8cの中心部8dは側面3c側にAWの距離だけシフトさせている。下部電極8a、圧電膜8bおよび上部電極8cによって図1Aに示した検出部8が構成されている。
- [0061] 同様に、図2の右側に示したアーム1bにも、一主面3bに対してほぼ垂直な側面3eおよび傾斜した側面3fをそれぞれ形成する。側面3e、3fの形成方法についても側面3c、3dと同様に後述の図5およびその説明によって明らかになる。
- [0062] アーム1bの内側1buの一主面3b上には下部電極6aを形成する。さらに下部電極6a上には、その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜6bおよび上部電極6cをこの順序で形成する。下部電極6a、圧電膜6bおよび上部電極6cによって図1Aに示した駆動部6が構成されている。
- [0063] アーム1bの外側1bsの一主面3b上には下部電極7aを形成する。さらに下部電極7a上には、その膜面に垂直方向に分極処理された圧電膜7bおよび上部電極7cをこの順序で形成する。下部電極7a、圧電膜7bおよび上部電極7cによって図1Aに示した駆動部7が構成されている。
- [0064] さらにアーム1bの一主面3b上には下部電極9aが中心部10を境にして対称に形成されている。さらに下部電極9a上には、その膜面に垂直方向に分極処理された圧電

膜gbおよび上部電極gcをこの順序で形成する。なお、上部電極gcは中心部Ⅲを境にして対称に形成するのではなく、AWの距離だけ中心部11からシフトさせた中心部gdを境にして対称に形成する。すなわち、上部電極gcの中心部gdは垂直な側面3e側にAWだけシフトさせている。図1Aに示した検出部9は下部電極ga、圧電膜9bおよび上部電極gcによって構成されている。

[0065] 次に、角速度センサの音叉型振動子をX軸方向に駆動させる方法について説明する。図2において、アーム1aの一主面3a上に設けた圧電膜4bおよびアーム1bの一主面3b上に設けた圧電膜7bがY軸方向に収縮するように、上部電極4c、7cに同相の駆動電圧を印加する。同様に、圧電膜5b、6bがY軸方向に伸張するように、上部電極5c、6cに上部電極4c、7cに印加する駆動電圧とは逆相の駆動電圧を印加する。これにより、図1Aに示すようにアーム1a、1bはX軸方向に、かつ、互いに外向きに振動する。

[0066] また、アーム1a、1bには、それぞれ図2に示すように傾斜した側面3d、3fを設けているため、X軸方向への振動と同時にアーム1a、1bをそれぞれZ軸方向に、かつ、互いに逆向きになるような振動を生じさせる。この結果、検出部を構成する圧電膜8bにはZ軸方向に伸張させるような応力が印加される。また、検出部を構成する圧電膜gbにはZ軸方向に収縮させるような応力が印加される。これらの応力によって、検出部を構成する上部電極8cおよびgcにはそれぞれ互いに逆極性であって、ほぼ同一の電荷が発生する。

[0067] このように、音叉型振動子をX軸方向に駆動させるだけで、Y軸周りに角速度が印加されていないにもかかわらず、あたかも角速度が印加されたかのような電荷(不要信号)が上部電極8cおよびgcに表れる。

[0068] 上部電極8cおよびgcのそれぞれの中心部8d、gdが、一主面3a、3bの中心部10、Ⅲに対して、それぞれ傾斜した側面3d、3fとは反対方向、すなわち、垂直に形成した側面3c、3e側に向かって、AWの大きさだけシフトさせているので、上部電極8c、gcにそれぞれ発生する不要信号を抑制することができる。なお、シフトさせるAWの大きさは、一般的に、トライエッチングしたときの側面3d、3fの傾斜の度合いに勘案して、上部電極8c、gcにそれぞれ発生する不要信号の大きさに応じて決定すると

よい。

- [0069] 次に不要信号を抑制するためのメカニズムについて説明する。上部電極8cに表れる事象としては、主として次の3つの点が考えられる。
- [0070] 第1に、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したとき、アーム1aがZ軸方向へ撲むことにより、圧電膜8bがZ軸方向に伸張する。このとき、上部電極8cにはプラスの電荷（例えば、 $A = +100$ とする）が発生する。
- [0071] 第2に、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したとき、アーム1aがX軸方向の外向きに撲む。これにより、圧電膜8bの中心部10よりも外側1asに位置する部分にはX軸方向に伸張させる応力が加わる。これにより、圧電膜8b上に形成した上部電極8cの部分にはマイナスの電荷（例えば、 $B = -1000$ とする）が発生する。なお、上部電極8cの幅は従来よりもAWだけ増加させている。
- [0072] 第3に、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したとき、アーム1aがX軸方向の外向きに撲む。圧電膜8bの中心部10よりも内側1auに位置する部分にはX軸方向に収縮させる応力が加わる。このため、これに対応する上部電極8cの部分（この部分は従来に比べて幅がAWだけ減少している）にはプラスの電荷（例えば、 $C = +900$ とする）が発生する。
- [0073] 以上まとめると、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したときに、上部電極8cに表れるトータルの電荷は、 $A + B + C = (+100) + (-1000) + (+900) = 0$ となり、検出電極に表れる不要信号を抑制することができる。
- [0074] 同様にアーム1b側の検出部9の上部電極gcに表れる事象も基本的には上部電極8cに表れる事象と同じで、主として以下の3つの点が考えられる。
- [0075] 第1に、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したとき、アーム1bがZ軸方向へ撲む。これにより、圧電膜gbがZ軸方向に収縮するため、上部電極gcにはマイナスの電荷（例えば、 $D = -100$ とする）が発生する。
- [0076] 第2に、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したとき、アーム1bがX軸方向の外向きに撲む。これにより、圧電膜gbの中心部11よりも内側1buに位置する部分にはX軸方向に伸張させる応力が加わる。このため、上部電極gcの部分（従来より幅がAWだけ増加している）にはプラスの電荷（例えば、 $E = +1000$ とする）が発生する。

- [0077] 第3に、音叉型振動子をX軸方向へ駆動した時、アーム1bがX軸方向の外向きに撲む。これにより、圧電膜gbの中心部1bよりも外側1bsに位置する部分にはX軸方向に収縮させる応力が加わる。このため、上部電極gcの部分(従来より幅がAWだけ減少している)にはマイナスの電荷(例えば、 $F = -900$ とする)が発生する。
- [0078] 以上、アーム1bについてまとめると、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したとき、上部電極gcに表れるトータルの電荷は、 $D + E + F = (-100) + (+1000) + (-900) = 0$ となり、検出電極に表れる不要信号を抑制することができる。
- [0079] 以上本発明を簡単に要約すると、Y軸周りに角速度 ω が印加されたときのアーム1a、1bをZ軸方向へ撲ませるコリオリ力に基づき上部電極8c、gcに発生する電荷のみを検出回路(図示せず)で処理することにより、角速度信号のみを出力することができる角速度センサを実現することができる。このように、上部電極8c、gcを所定量シフトさせるならば、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したときの検出電極への不要信号の発生を抑制することができるため、薄型な角速度センサを実現することができる。
- [0080] 次に、本実施の形態にかかる角速度センサの製造方法について説明する。特に、その主要部である音叉型振動子およびこの上に設ける駆動部と検出部について、図3、図4および図5を用いて説明する。
- [0081] まず図3において、角速度センサの基板として、シリコン系の材料からなるシリコンウエハ(以下、ウエハと称す)20を用意する。アーム1a、1bを、その長手方向がウエハ20のたとえばY軸方向に一致するようにウエハ20内に多数配設する。
- [0082] 図4において、ステップS1は下部電極成膜工程、ステップS2は圧電膜成膜工程、ステップS3は上部電極成膜工程、ステップS4は上部電極用レジスト膜のパターンニング工程、ステップS5は上部電極のエッチング工程、ステップS6は圧電膜、下部電極用レジスト膜のパターンニング工程、ステップS7は圧電膜、下部電極のエッチング工程、ステップS8は音叉型振動子形成のためのウエハレジスト膜のパターンニング工程、ステップS9はウエハのエッチング工程をそれぞれ示す。
- [0083] 図5A～図5Iは、ウエハ20の中心20cから-X軸方向に向かって30mmの位置X30に設けた音叉型振動子を形成する一例を示す。ウエハ20の直径を4インチ(約100mm)とすると、その半径は約50mmとなる。したがって、X30(30mm)の位置はウエ

ハ200の中心20cよりもその端部20e側に近いところである。

- [0084] 図5Aは、図4に示したステップS1の下部電極成膜工程に対応する。ウエハ200の直径は約4インチで、その厚みは200 μ mのシリコンを図示しない蒸着装置にセットし、下部電極としてのPt-Ti膜21を約3000Åの厚みに蒸着する。
- [0085] 図5Bは、図4に示したステップS2の圧電膜成膜工程に対応する。Pt-Ti膜21が蒸着されたウエハ200を図示しないスパッタ装置にセットし、圧電膜としてPZT膜22の厚さを約2.5 μ mになるように物理的蒸着法的一种であるスパッタリングにより形成する。
- [0086] 図5Cは、図4に示したステップS3の上部電極成膜工程に対応する。PZT膜22が形成されたウエハ200をスパッタ装置にセットし、上部電極としての厚さが3000ÅのAu/Ti膜23を物理的蒸着法的一种であるスパッタリングによって形成する。
- [0087] 図5Dは、図4に示したステップS4の上部電極用レジスト膜のパターニング工程に対応する。レジスト膜はAu/Ti膜23の全面に塗布され、その後、パターニングされた第1のレジスト膜としてのレジスト膜24が選択的に形成されている。レジスト膜24は、図1に示した駆動部4,5,6および7、検出部8,9に対応するために第1の開口部をもってパターニングされる。このパターニングにおいては、例えば、X軸方向への音叉振動時にZ軸方向へ発生する撓みにより検出部8,9にもたらされる不要信号の大きさに対応するように上部電極のみを所定量シフトさせる。なお、このとき駆動部側の上部電極はシフトさせずに従来通りの位置に設ける。
- [0088] 図5Eは、図4に示したステップS5の上部電極のエッチング工程に対応する。前の工程の図5Dに示すように、パターニングされたレジスト膜24が形成されたウエハ200を図示しないドライエッチング装置にセットする。その後、レジスト膜24をマスクとして、Au/Ti膜23にエッチング処理を施す。これにより、駆動部4,5,6および7を構成するAu/Ti膜からなる上部電極4c,5c,6cおよび7cが形成される。同時に、検出部8,9を構成するAu/Ti膜からなる上部電極8c,9cも形成される。
- [0089] 図5Fは、図4に示したステップS6の圧電膜、下部電極用レジスト膜のパターニング工程に対応する。PZT膜22と上部電極4c,5c,6c,7c,8cおよび9cの上にレジスト膜を形成し、その後選択的にエッチングして、第2のレジスト膜としてのレジスト膜

25を形成する。レジスト膜25には図1に示した駆動部4,5,6および7、検出部8,9に対応した形状をもたせた第2の開口部によってパターンニングされる。

- [0090] 図5Gは、図4に示したステップS7の圧電膜、下部電極エッチング工程に対応する。前の工程のパターンニングされた第2の開口部を有したレジスト膜25が形成されたウエハ20をドライエッチング装置にセットする。その後、PZT膜22とPt-Ti膜21をパターンニングされたレジスト膜25を介して、第2のドライエッチング処理を施す。これにより、駆動部4,5,6,7を構成するPZT膜からなる圧電膜4b,5b,6bおよび7bが形成される。合わせて、Pt-Ti膜からなる下部電極4a,5a,6aおよび7aが形成される。同時に、検出部8,9を構成するPZT膜からなる圧電膜8b,9b、Pt-Ti膜からなる下部電極8a,9aがそれぞれ形成される。
- [0091] 図5Hは、図4のステップS8に示した音叉型振動子形成のためのウエハレジスト膜のパターンニング工程に対応する。図1に示した駆動部4,5,6,7および検出部8,9を含むウエハ20の全面に図示しないレジスト膜を塗布する。その後、第3のレジスト膜としてのレジスト膜26をアーム1aと1bとの隙間がたとえば50 μ mになるように第3の開口部W3をパターンニングする。
- [0092] 図5Iは、図4に示したステップS9のウエハのエッチング工程に対応する。前の工程の図5Hに示めされパターンニングされた第3の開口部を有するレジスト膜26が形成されたウエハ20を図示しないドライエッチング装置にセットする。その後、たとえば、SF₆ガスを用い、rf電力2500Wで8秒間ウエハ20にドライエッチングを施す。その後、CF₄ガスに切り替え、rf電力1800Wを3秒間印加して保護膜（図示せず）を形成する。なお、本発明においてはドライエッチングと保護膜の形成を1セットにした工程を240セット繰り返す第3のドライエッチング処理を施す。第3のドライエッチング処理後、アーム1aの側面3d（図2参照）はプラズマの進行方向に対応した傾斜面を有することになる。また、アーム1aの外側面3cはウエハ20の一主面に対して、ほぼ垂直な面に仕上げることができる。
- [0093] 同様に、アーム1bの側面3fはプラズマの進行方向に対応した傾斜面を呈する。アーム1bの内側面3eはウエハ20の一主面にほぼ垂直な面に仕上がる。
- [0094] なお、図5A～図5Iにおいては、図3に示したウエハ20の中心から-X軸方向に向

かってたとえば、3 Qmmの位置X3 0に存在する音叉型振動子等を含めた角速度センサを形成する例について説明した。しかし、他の位置においても同様なことが言える。例えば図3に示したウエハ2 00の中心から-X軸方向に向かって2 Qmmの位置に形成される音叉型振動子等を含む角速度センサにおいては、プラズマの進行方向がウエハ2 00の面に対してやや垂直に近づいてくる。このため、第1のレジスト膜としてのレジスト膜24に設けられる第1の開孔部の内の上部電極8c, 9cに相当する部分の所定のシフト量AWの大きさは3 Qmmのときに比べて、減少させることになる。すなわち、プラズマの進行方向と照射角度が勘案してシフト量AWが決定される。

[0095] ウエハ2 00にドライエッチングを施すとプラズマの進行方向の違い、すなわち、ウエハ2 00のYZ面に対するプラズマの照射角度の違いによって、音叉型振動子のアームの側面に発生する側面の傾斜度合いが一義的に決まる。YZ面に対するプラズマの入射角度が大きくなるほど、アームの側面の傾斜度合いが大きくなる。すなわち、一主面3bと側面3fの交わる角度が鋭角で、その角度が小さくなる。この結果、音叉型振動子をX軸方向へ駆動したときの検出電極にもたらされる不要信号の発生最も大きくなる。すなわち、この傾斜度合いに対応して、所定のシフト量AWはあらかじめ決定されることになる。例えば、アームの側面の傾斜角度1°当たりのシフト量AW=10 μmに設定するなどの調整が必要になる。

[0096] 図6において、横軸はウエハ2 00の中心からX軸方向の距離(mm)を表す。縦軸は音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの検出電極に発生する角速度センサとしては不要な信号を示す。目盛りの単位は任意としている。したがって、任意目盛の“ド”の大きさはたとえば10Qmvであったり或いは1000mvであったりもする。或いは200mvであったり、200Qmvであったりもする。また、この任意目盛の大きさは必ずしも検出電極それ自体に表れる信号の大きさを示すものでもない。たとえば、検出電極に表れた信号を所定の増幅度をもって増幅した後の大きさとして表すこともできる。いずれにしても不要信号の絶対位の大きさを一義的に決められないために、目盛は任意としている。

[0097] さて、従来と比較するために本発明(○印)と従来(△印)を併記した。また、図7に示す従来のドライエッチング加工によりウエハ1 03を用いて音叉型振動子を製造する

方法で形成された音叉型振動子をX軸方向に駆動したときに発生する検出電極への角速度センサとしての不要信号の値を図6に併記した。

- [0098] 図6に示すように、不要信号の許容範囲をたとえば、プラス1からマイナス1とすると、ウエハ200の中心からX軸方向に±30mmの範囲において、所望の角速度センサに要求される検出電極への不要信号の発生量が許容値以内に収まっていることを知見した。
- [0099] 本実施の形態においては、プラズマ発生源からのプラズマが照射される進行方向の性向を考慮し、検出部を構成する上部電極形成用の開口部を所定方向に、かつ、所定量シフトさせたレジスト膜を形成して上部電極にドライエッチングを施す。これによって、ウエハ200の中の所定領域、例えば、ウエハ200の中心からX軸方向に±30mmの範囲において、所望の角速度センサに要求される検出電極への不要信号の発生量を許容値以内に収めることができる。
- [0100] しかし、本発明の角速度センサおよび角速度センサの製造方法の技術的思想は、検出部を構成する上部電極の配置およびその形成方法に限定されるものではない。たとえば、検出部を構成する下部電極、圧電膜および上部電極のすべてを所定方向に、かつ、所定量シフトさせても同等の作用効果を奏する。すなわち、検出部を構成する下部電極、圧電膜と上部電極のうちの少なくとも上部電極を所定方向に、かつ、所定量シフトさせれば同等の作用効果を奏することができる。
- [0101] また、本実施の形態においては、アーム1a、1bのそれぞれの一主面3a、3b側に検出部8、9を設けた一例について説明した。しかし、検出部をこれらの一主面3a、3bに対向する側の他主面に設けることも可能である。この場合は、これらの一主面と他主面にそれぞれ隣接して設けられた傾斜側面3d、3fの交わる角度は鈍角となる。このため、検出部を一主面3a、3b上に設けた場合とは逆に、傾斜した側面3d、3fの傾斜度合いが大きい(鈍角の数値が大きい)ほど、検出部を構成する下部電極、圧電膜および上部電極のうちの少なくとも上部電極を傾斜した側面3d、3f側に向かって、傾斜度合いに対応して所定量シフトさせる構成とする。これによって検出電極へ発生する不要信号を抑制することができる。
- [0102] また、本実施の形態においては、駆動部と検出部の構成として、いずれにおいても

下部電極、この下部電極上に圧電膜と上部電極をこの順序で形成する構成例について説明した。しかし、必ずしもこうした構成に限定されるものではない。例えば、静電駆動、静電検出等のような構成も考えられる。しかし、市場から要求される角速度センサとしての性能、信頼性と価格等を勘案すると、駆動部と検出部のいずれとも下部電極、圧電膜および上部電極によって構成するのが好ましいと言える。

[0103] また、本実施の形態においては、基板としてシリコンウエハを用いた一例について説明した。しかし、これにも限定されるものではない。例えば、ダイヤモンド、熔融石英、アルミナ、GaAs等さまざまな材料を基板に採用することが可能である。

[0104] また、本実施の形態においては、プラズマの発生源からのプラズマの進行方向の性向を考慮し、検出部を所定方向に、かつ、所定量シフトさせる一例について説明した。しかし、必ずしもこれに限定されるものではない。例えば、図1、図2において、検出部8、9をそれぞれ一主面3a、3bの中心部10、11に対して対称になるように設け、駆動部4、5を構成する下部電極4a、5aと圧電膜4b、5bを一主面3aの中心部10を境にして対称になるように形成してもよい。

[0105] また、駆動部6、7を構成する下部電極6a、7aと圧電膜6b、7bを一主面3bの中心部11を境にして対称になるように形成してもよい。また、駆動部4、5、6、7を構成する上部電極4c、5c、6c、7cのY軸方向の中心位置および長さをほぼ等しい大きさに設定し、音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの検出電極に発生する角速度センサとしての不要信号の大きさ（一主面3a、3bと一主面3a、3bにそれぞれ隣接して設けられた傾斜した側面3d、3fの交わる鋭角な角度の大きさに応じて）に対応するように上部電極5c、7cのX軸方向の幅を上部電極4c、6cのX軸方向の幅に対してそれぞれ狭くなるように構成してもよい。これらの構成であっても、検出電極へ引き起こされる不要振動自体が抑制されるため、検出電極に発生する角速度センサとしての不要な信号を抑制することができる。

[0106] また、本実施の形態においては、アーム1a、1bのそれぞれの一主面3a、3b上に駆動部4、5、6、7を設けた一例について説明した。しかし、駆動部を一主面3a、3bとそれぞれ対向する側の他主面に設けることも可能である。この場合は、これらの一主面とこれらの他主面にそれぞれ隣接して設けられた傾斜した側面3d、3fの交わる角度

は鈍角となる。このため、駆動部を一主面3a, 3b上に設けた場合とは逆に、傾斜した側面3d, 3fの傾斜度合いが大きい(鈍角の数値が大きい)程、傾斜した側面3d, 3f側の駆動部を構成する少なくとも上部電極のX軸方向の幅を傾斜した側面3d, 3fと反対側の駆動部を構成する少なくとも上部電極のX軸方向の幅よりも広くなるように構成しても、検出電極へ引き起こされる不要振動自体が抑制されるため、検出電極に発生する角速度センサとしての不要信号を抑制することができる。

[0107] 検出電極に発生する不要信号を抑制するためのメカニズムを図1, 図2に示すアーム1bを用いて簡単に説明する。図2に示し傾斜した側面3fの存在により、音叉型振動子をX軸方向に駆動するとアーム1bは図1Bに示すようにZ軸方向にも撲む。このため、検出電極に角速度センサとしての不要信号が発生する。したがって、Z軸方向への撲みがゼロになるように駆動部6を構成する圧電膜6bのY軸方向の伸張力を増加させ、駆動部7を構成する圧電膜7bのY軸方向の収縮力を減少させるようにすればよい。

[0108] これを実現するためには、音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの検出電極に発生する角速度センサとしての不要信号の大きさに相応して、傾斜した側面3f側に設けた駆動部7のY軸方向の変形量を側面3eに設けられた駆動部6のY軸方向の変形量よりも小さくするようにすればよい。これらの具体的な一例としては、前述のような駆動部の位置関係や形状が考えられる。

[0109] 上述の例では、上部電極のX軸方向の幅を音叉型振動子をX軸方向に駆動したときの検出電極に発生する角速度センサとしての不要信号の大きさに対応するように調整する。しかし、下部電極と圧電膜を同時に調整してもよい。すなわち、駆動部を構成する下部電極、圧電膜および上部電極のなかの少なくとも上部電極のX軸方向の幅を調整するならば同等の作用効果を奏することができる。

産業上の利用可能性

[0110] 本発明は、X軸方向への音叉振動時に検出電極に生じる角速度センサとしては不要な信号の発生を抑制することができる。また薄型で、かつ、個別調整が不要な角速度センサおよびその製造方法として有用であるのでその産業上の利用可能性は高い。

請求の範囲

- [1] 少なくとも2つのアームと、前記アームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子と、前記アームをX軸方向に駆動するために前記アームの少なくとも一主面上に設けられた駆動部と、Y軸周りに印加された角速度に基づき前記アームのZ軸方向への振動を検出するために前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた検出部とを備え、前記検出部は前記一主面上に設けられた下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に設けられた上部電極とからなり、前記検出部が設けられた一主面と前記一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鋭角とし、前記検出部の少なくとも前記上部電極の中心部を前記一主面の中心部から前記傾斜した側面と反対側に向けてシフトした角速度センサ。
- [2] 前記検出部を構成する少なくとも前記上部電極の中心部が前記一主面上において前記傾斜した側面の傾斜角度に相応して前記一主面の中心部から前記傾斜した側面と反対側に向けて所定量シフトした請求項1に記載の角速度センサ。
- [3] 少なくとも2つのアームと前記アームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子と、前記アームをX軸方向に駆動する前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた駆動部と、Y軸周りに印加された角速度に、基づき前記アームのZ軸方向への振動を検出するために前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた検出部とを備え、前記検出部は前記一主面上に設けられた下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に設けられた上部電極とからなり、前記検出部が設けられた一主面と前記一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鈍角とし、前記検出部を構成する少なくとも前記上部電極の中心部が前記一主面の中心部から前記傾斜した側面側に向けてシフトした角速度センサ。
- [4] 前記検出部の少なくとも前記上部電極の中心部が前記傾斜した側面の傾斜角度に相応して前記一主面の中心部から前記傾斜した側面側に向けて所定量シフトした請求項3に記載の角速度センサ。
- [5] 前記駆動部は、前記アームの一主面の中心部を境にしてその両側に形成した下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に前記一主面の中心部を境にして離間形成された上部電極とからなる請求項1または3に記載の角速度セン

サ。

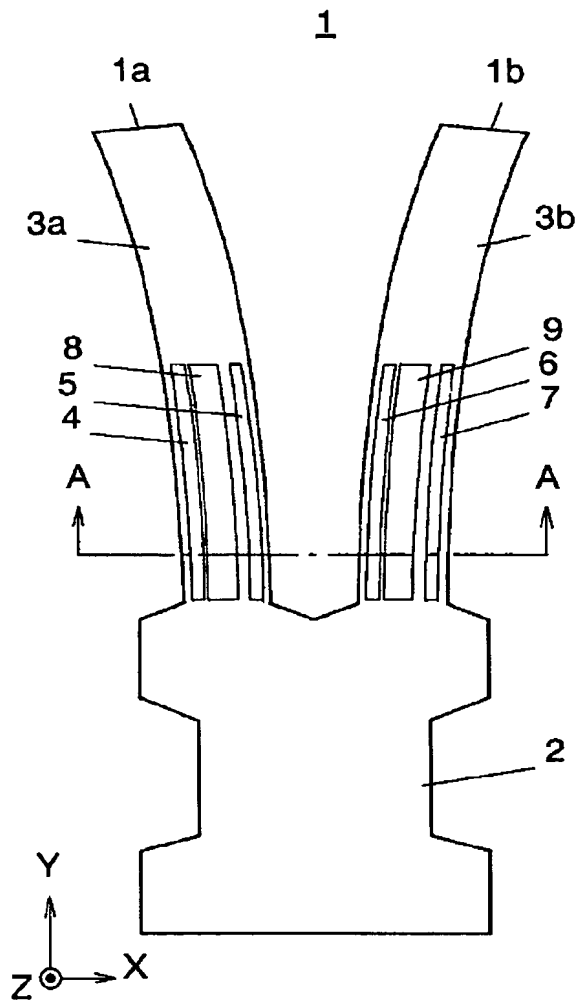
- [6] 前記駆動部は、前記アームの一主面の中心部を境にして離間形成された下部電極と前記下部電極上にそれぞれ設けられた圧電膜と前記圧電膜上にそれぞれ設けられた上部電極とからなる請求項1または3に記載の角速度センサ。
- [7] 前記音叉型振動子は、ドライエッチングにより形成された請求項1または3に記載の角速度センサ。
- [8] 前記音叉型振動子は、シリコン系の材料からなる請求項1または3に記載の角速度センサ。
- [9] 少なくとも2つのアームと前記アームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子と、前記アームをX軸方向に駆動するために前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた駆動部と、Y軸周りに印加された角速度に起因する前記アームのZ軸方向への振動を検出するために前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた検出部とを備え、前記駆動部は前記一主面上に設けられた下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に設けられた上部電極とからなり、前記駆動部が設けられた一主面と前記一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度を鋭角とし、前記アームをX軸方向に駆動したときに前記駆動部の内の前記一主面の中心部より前記傾斜した側面側に向けて設けられた部分のY軸方向の変形量が前記駆動部の前記一主面の中心部より前記傾斜した側面と反対側に向けて設けられた部分のY軸方向の変形量よりも小さい角速度センサ。
- [10] 前記駆動部は、前記アームの一主面の中心部を境にしてその両側に形成された下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と、前記圧電膜上に前記一主面の中心部を境にして離間形成された上部電極とからなる請求項9に記載の角速度センサ。
- [11] 前記駆動部は、前記アームの一主面の中心部を境にして離間形成された下部電極と、前記下部電極上にそれぞれ設けられた圧電膜と、前記圧電膜上にそれぞれ設けられた上部電極とからなる請求項9に記載の角速度センサ。
- [12] 前記一主面の中心部より前記傾斜した側面側寄りに設けられた上部電極のX軸方向の幅が前記一主面の中心部より前記傾斜した側面と反対側寄りに設けられた上部電

極のX軸方向の幅より狭く、かつ、前記両上部電極のY軸方向の中心位置及び長さがほぼ等しい請求項10または請求項11に記載の角速度センサ。

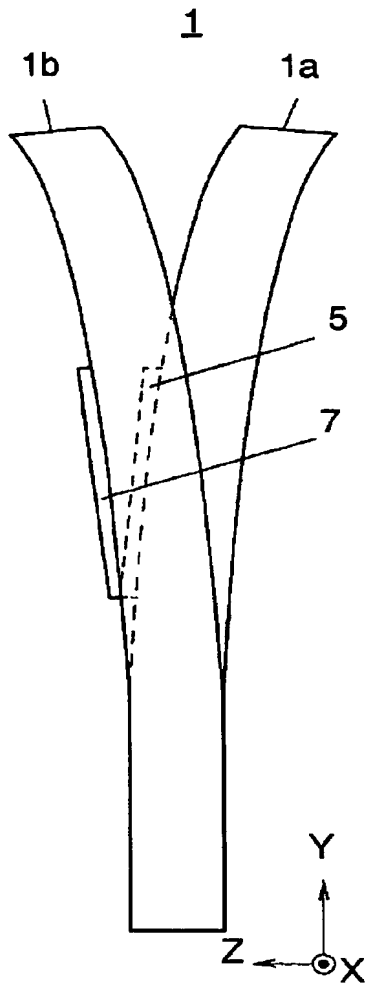
- [13] 少なくとも2つのアームと前記アームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子と、前記アームをX軸方向に駆動するために前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた駆動部と、Y軸周りに印加された角速度に起因する前記アームのZ軸方向への振動を検出するために前記アームの少なくとも1つの一主面上に設けられた検出部とを備え、前記駆動部は前記一主面上に設けられた下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に設けられた上部電極とからなり、前記駆動部が設けられた一主面と前記一主面に隣接して設けられた傾斜した側面との交わる角度が鈍角である場合は、前記アームをX軸方向に駆動した時に前記駆動部の内の前記一主面の中心部より前記傾斜した側面側に向かって設けられた部分のY軸方向の変形量が前記駆動部の内の前記一主面の中心部より前記傾斜した側面と反対側に向かって設けられた部分のY軸方向の変形量より大きくなるように構成した角速度センサ。
- [14] 前記駆動部は、前記アームの一主面の中心部を境にして両側に形成された下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に前記一主面の中心部を境にして離間形成された上部電極とからなる請求項13に記載の角速度センサ。
- [15] 前記駆動部は、前記アームの一主面の中心部を境にして離間形成された下部電極と前記下部電極上にそれぞれ設けられた圧電膜と前記圧電膜上にそれぞれ設けられた上部電極とからなる請求項13に記載の角速度センサ。
- [16] 前記一主面の中心部より前記傾斜した側面側寄りに設けられた上部電極のX軸方向の幅が前記一主面の中心部より前記傾斜した側面と反対側寄りに設けられた上部電極のX軸方向の幅より広く、かつ、前記両上部電極のY軸方向の中心位置及び長さがほぼ等しい請求項14または請求項15に記載の角速度センサ。
- [17] 前記音叉型振動子は、ドライエッチングにより形成された請求項9または13に記載の角速度センサ。
- [18] 前記音叉型振動子は、シリコン系の材料からなる請求項9または13に記載の角速度センサ。

- [19] 前記検出部は、アームの一主面上に設けられた下部電極と前記下部電極上に設けられた圧電膜と前記圧電膜上に設けられた上部電極とから構成された請求項9または13に記載の角速度センサ。
- [20] 少なくとも2つのアームと前記アームを連結する少なくとも1つの基部からなる音叉型振動子と、前記アームをX軸方向に駆動するために前記アームの一主面上に設けられた駆動部と、Y軸周りに印加された角速度に起因する前記アームのZ軸方向への振動を検出するために前記一主面上に設けられた検出部とを備えた角速度センサの製造方法であって、基板のXY面上に下部電極を形成する工程と、前記下部電極上に圧電膜を形成する工程と、前記圧電膜上に上部電極を形成する工程と、前記下部電極、圧電膜と上部電極からそれぞれ前記駆動部と検出部を形成する工程と、前記アームのY軸方向が前記基板のY軸方向を向くように前記音叉型振動子を前記基板からドライエッチングにより形成する工程とを備え、前記基板のYZ面に対する前記ドライエッチング用のプラズマの入射角度が大きくなるに従って前記アームの一主面上に設けられる前記検出部の内の少なくとも前記上部電極の中心部が前記一主面上において前記一主面の中心部から前記基板のX軸方向周辺部に向かって所定量シフトするように形成した角速度センサの製造方法。

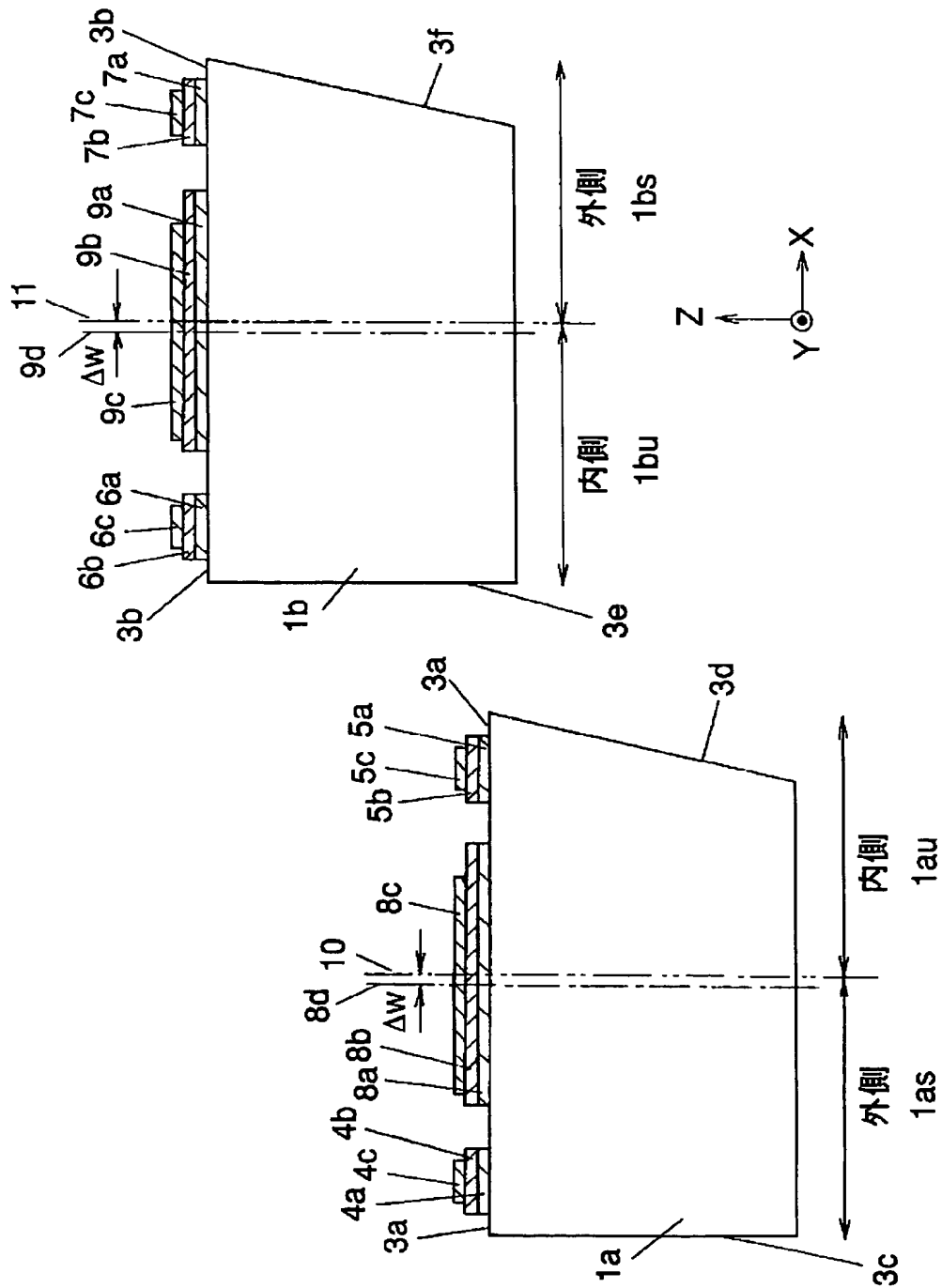
[図1A]



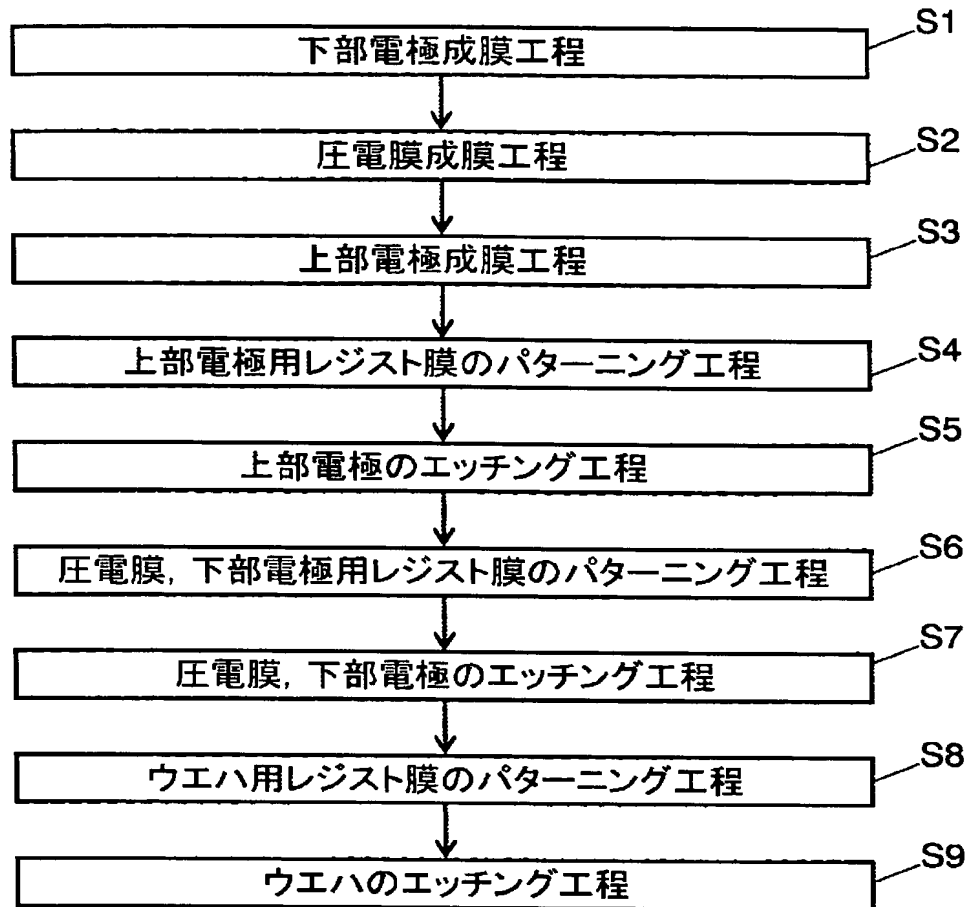
[図1B]



[図2]



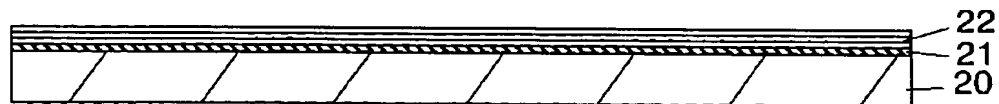
[図4]



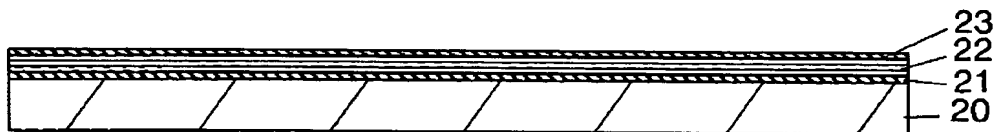
[図5A]



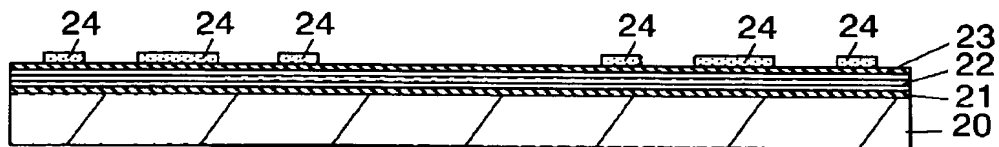
[図5B]



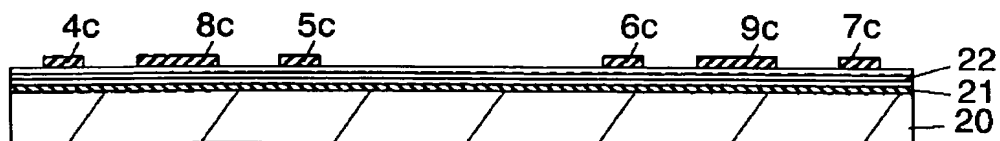
[図5C]



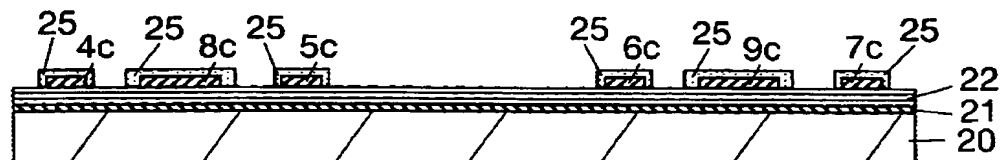
[図5D]



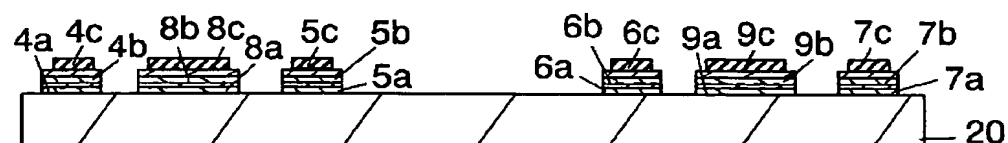
[図5E]



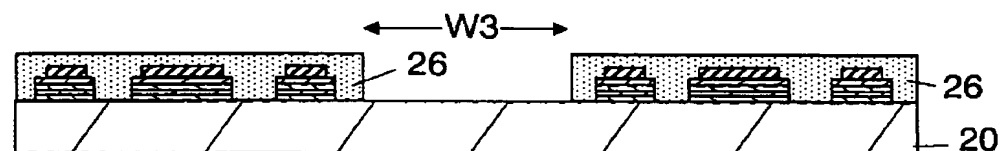
[図5F]



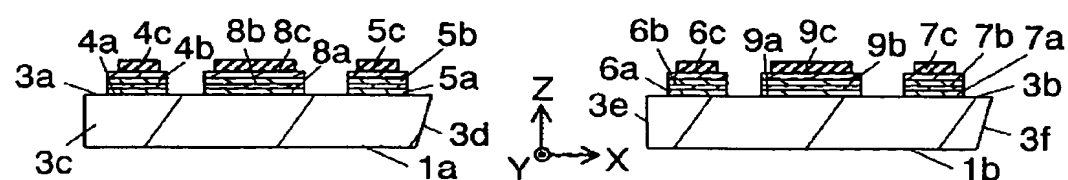
[図5G]



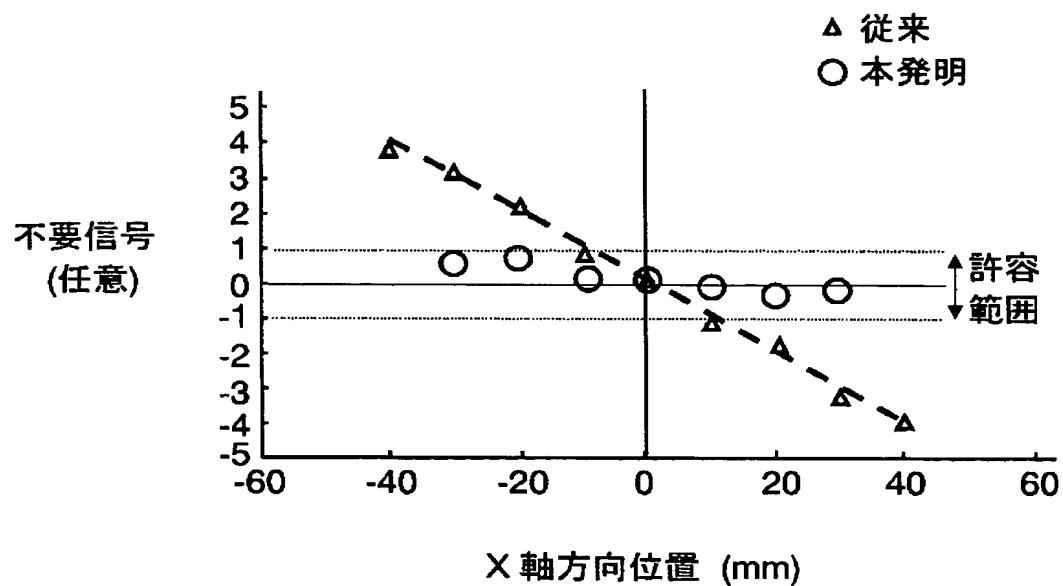
[図5H]



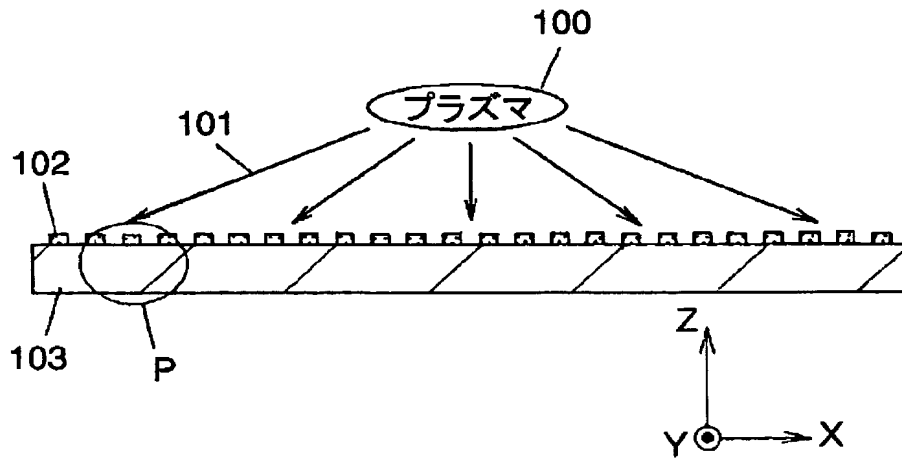
[図5I]



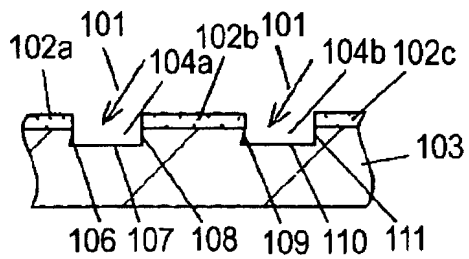
[図6]



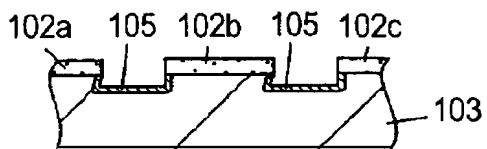
[図7]



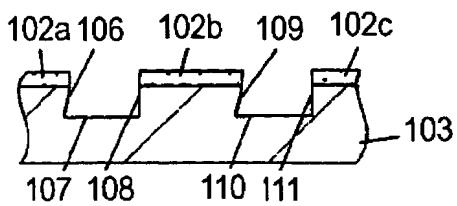
[図8A]



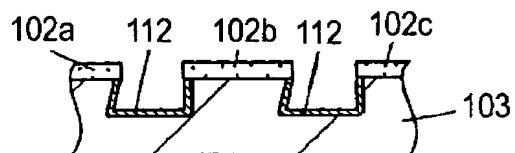
[図8B]



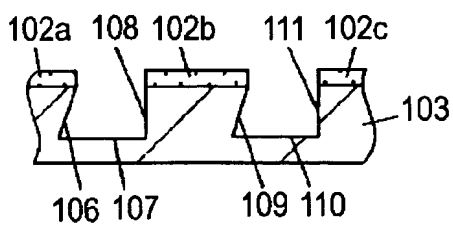
[図8C]



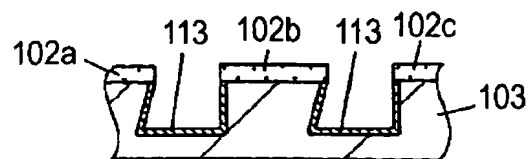
[図8D]



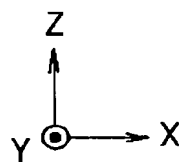
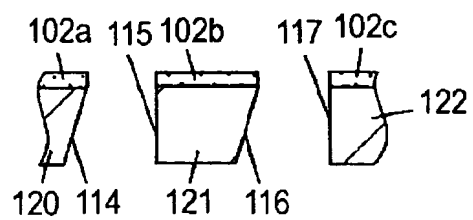
[図8E]



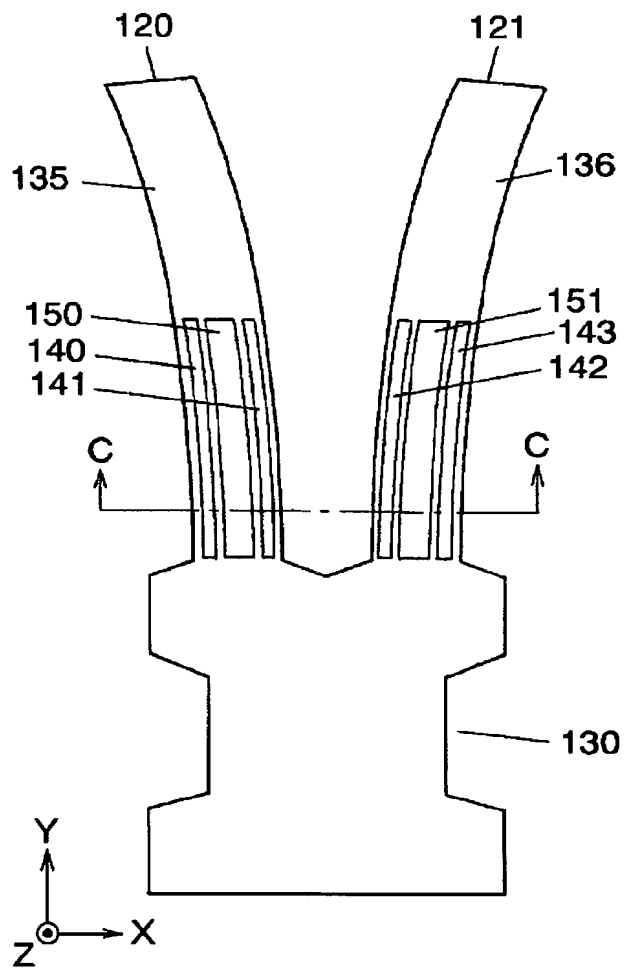
[図8F]



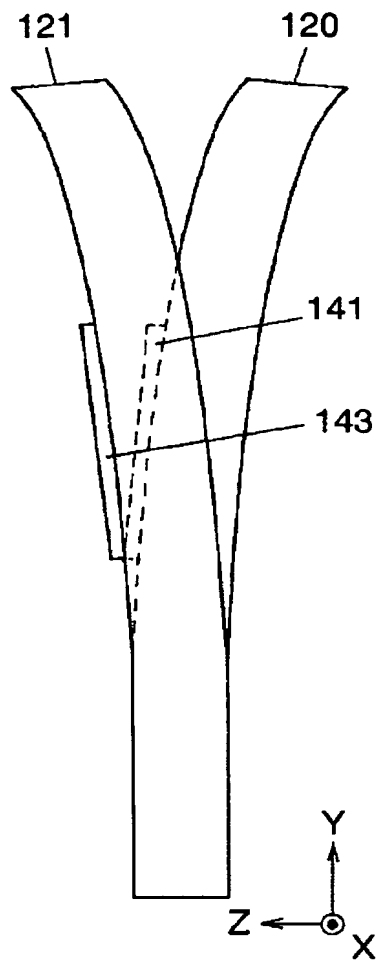
[X]8G



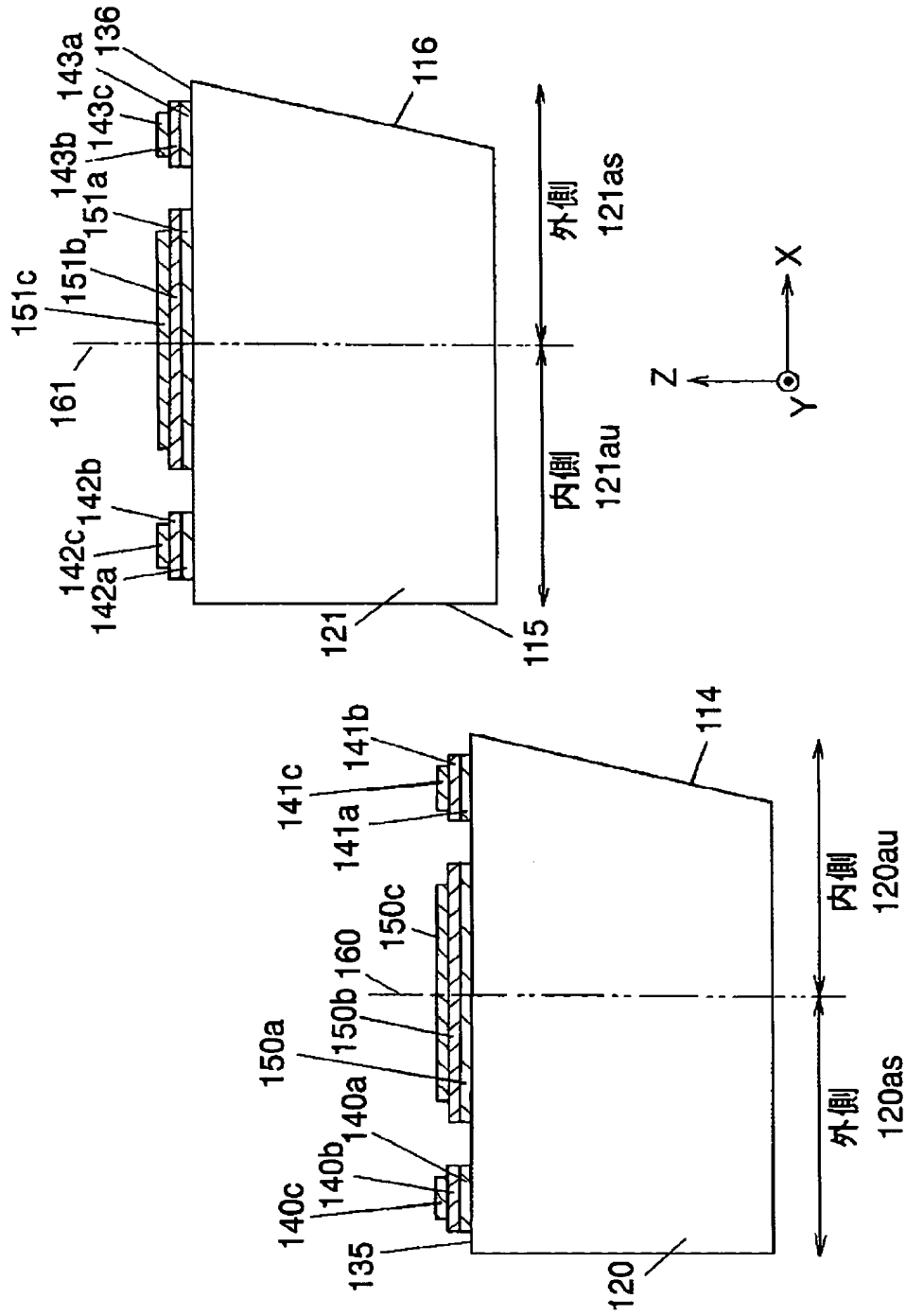
[図9A]



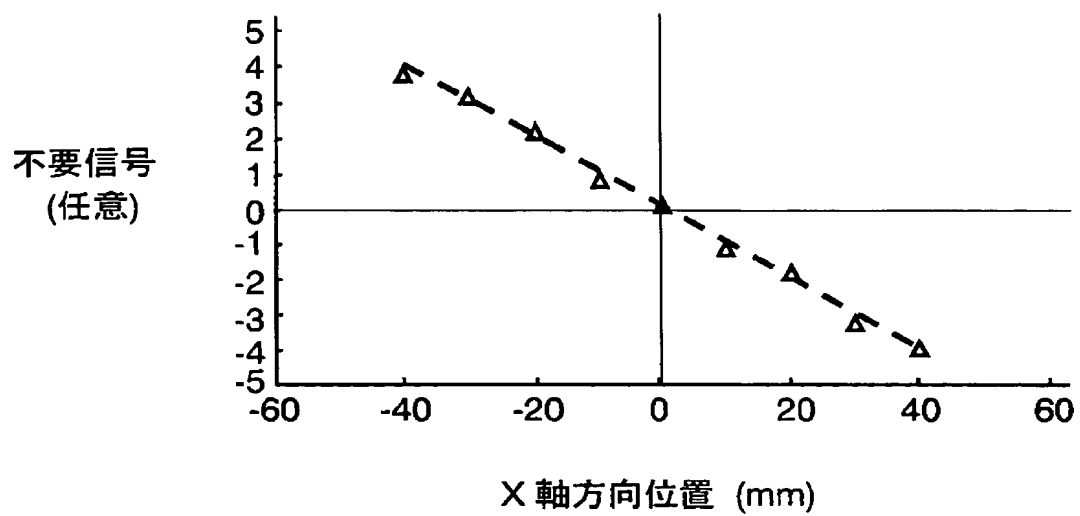
[図9B]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/012023

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int . Cl ⁷ G01C1 9/56, G01P9/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int . Cl ⁷ G01C19/56, G01P9/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Toroku Jitsuyo Shinan Kcho	1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-218420 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 July, 2003 (31.07.03), Full text; all drawings & US 2004/132310 A & EP 1388890 A1 & WO 03/63219 A1	1-20
A	JP 10-153433 A (Seiko Epson Corp.), 09 June, 1998 (09.06.98), Full text; all drawings (Family: none)	1-20
A	JP 60-73414 A (Yokokawa Hokushin Denki Kabushiki Kaisha), 25 April, 1985 (25.04.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-20

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 July, 2005 (28.07.05)

Date of mailing of the international search report

16 August, 2005 (16.08.05)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/012023

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 3-150914 A (Murata Mfg. Co., Ltd.), 27 June, 1991 (27.06.91), Full text; all drawings & US 5117148 A1 & EP 427177 A2	1-20
A	JP 61-191917 A (Tadashi KONNO), 26 August, 1986 (26.08.86), Full text; all drawings (Family: none)	1-20
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 4526/1984 (Laid-open No. 118911/1985) (Yokokawa Hokushin Denki Kabushiki Kaisha), 12 August, 1985 (12.08.85), Full text; all drawings (Family: none)	1-20

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2005/012023

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Intel. 7 G01C19/56, G01P9/04

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.7 G01C19/56, G01P9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

B本 国実用新案公報	1922-1996	年
B本 公開実用新案公報	1971-2005	年
B本 国実用新案登録公報	1996-2005	5年
日本 B登録実用新案公報	1994-2005	年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-218420 A (松下電器産業株式会社) 2003.07.31, 全文全図 & US 2004/132310 A & EP 1388890 A1 & WO 03/63219 A1	1-20
A	JP 10-153433 A (セイコーエプソン株式会社) 1998.06. 09, 全文全図 (7アミリーなし)	1-20

群 C欄の続きにも文献が列挙されている。

「 パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の目的役に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他のi以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「J」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28.07.2005

国際調査報告の発送日

16.08.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

岡田 卓弥

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

25

3405

c (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー	引用文献名 及び一部の箇所が関連するとき注、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 6 0 - 7 3 4 1 4 A (横河北辰電機株式会社) 1 9 8 5 . 0 4 . 2 5 , 全文全図 (ファミリーなし)	1 - 2 0
A	J P 3 - 1 5 0 9 1 4 A (株式会社村田製作所) 1 9 9 1 . 0 6 . 2 7 , 全文全図 & U S 5 1 1 7 1 4 8 A 1 母 E P 4 2 7 1 7 7 A 2	1 - 2 0
A	J P 6 1 - 1 9 1 9 1 7 A (近野 正) 1 9 8 6 . 0 8 . 2 6 , 全文全図 (ファミリーなし)	1 - 2 0
A	日本国実用新案登録出願 5 9 - 4 5 2 6 号 (日本国実用新案登録出願公開 6 0 - 1 1 8 9 1 I 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を記録したマイク ロフイルム (横河北辰電機株式会社) 1 9 8 5 . 0 8 . 1 2 , 全文全図 (ファミリーなし)	1 - 2 0